

A méréshez felhasznált eszközök

- Akácmez, ennek az optikai törésmutatóját mértem;
- egy lézer, fényforrásként;
- egy nagyon keskeny „tartály” (mézet öntöttem bele);
- szögmérő (a beesési és a kilépési szögeket mértem);
- hőszugárzó (a méz melegítése);
- hőmérő (a méz hőmérsékletének mérésére).

A mérés helye

A mérést az iskolában végeztem el, és az iskolai eszközöket (iskolai optikai szett, hőszugárzó, lézer, edény, szögmérő) használtam, a mézet pedig én hoztam.

A mérés elve

Amennyiben egy közegethatárhoz (jelen esetben levegő–méz) α beesési szögben érkezik meg a fény az n_1 optikai törésmutatójú közegben (jelen esetben levegő, $n_1 \approx 1$) és β „kilépési szöggel” lép be a másik, n optikai törésmutatójú közegbe (jelen esetben a mézbe), akkor a Snellius–Descartes törvény alapján

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n}{n_1} = n.$$

A mért szögekből a törésmutató kiszámítható.

Kivitelezés

Először az igen vékony tartályt körülbelül félig megtöltöttem mézzel, majd behelyeztem a kör alakú szögmérőt úgy, hogy a középpontja épp a méz szintjének felső határára (a méz felszínére) essék. Ezután a tartályt a mágnes táblához „ragasztottam”, ugyanezt tettem a lézerrel. Ezt követően a lézer által kibocsátott (vörös) fény irányát beállítottam úgy, hogy épp a szögmérő középpontja felé induljon el a fény. Az α és β szöveget a szögmérővel közvetlenül meg tudjuk mérni, ezekből pedig a méz n törésmutatója is könnyen meghatározható.

Természetesen több α szögnél is végeztem méréseket, sőt több különböző hőmérsékleten (jóllehet ezt nem kérte a feladat szövege). A törésmutató ugyanis, ha kevéssé is (amit mérés is igazolt), hőmérsékletfüggő. Először szobahőmérsékleten mértem, majd ezt követően hőszugárzóval melegítettem a mézet, hőmérőt helyeztem bele, és megmértem a méz új hőmérsékletét, majd gyorsan elvégeztem az ehhez a hőmérséklethez tartozó méréseket. Ezután folytattam a melegítést ...

Mérési eredmények

Ötféle hőmérsékleten végeztem méréseket, $\alpha = 0, 20, 30, \dots, 80^\circ$ -nál mértem meg β értékét, a kapott eredményeket táblázatba foglaltam. (A mérési adatok táblázatát és a dolgozathoz mellékelt fényképeket terjedelmi okokból nem közöljük. – A Szerk.)

Először $\sin \alpha$ – $\sin \beta$ grafikont akartam készíteni (ennek merevedésképpént elvileg a törésmutatót kaptam volna meg), viszont ez túl pontatlannak tűnt. Így minden egyes méréshez kiszámoltam a hozzá tartozó n értéket, és egy adott hőmérsékleten a különböző szögeknél kapott n -eket átlagoltam. (Az $\alpha = 10^\circ$ -os szöghöz tartozó számot kihagytam az átlagolásból, mert akkor β mérése nagyon pontatlan volt.) Így kaptam meg a végeredményt, amely szerint az akácmez optikai törésmutatója: $n = 1,49 \approx 1,50$.

A törésmutató hőmérsékletfüggése igen csekély volt, ezt tehát nem tudtam megbízhatóan kimutatni. Bár a törésmutatók átlagára különböző értékeket is kaptam, ezt az átlagtól erősen eltérő 2-3 mérési eredmény okozhatta. Valószínűsíthető, hogy az akácmez (és általában a folyadékok) törésmutatója a hőmérséklet növekedésével csökken, de ez nem következik a méréseimből.

Hibaforrások

1. A szögmérés pontossága. A szögmérőn 5 fokként vannak a beosztások, ez alapján az α és β szöveget is kb. $\Delta\varphi = 2,3^\circ$ -os pontossággal lehetett meghatározni (aszerint, hogy a be- és kilépő lézernyaláb éppen egy beosztásra, vagy inkább két beosztás közé esik).

2. A méz szintjének pontossága. Amennyiben a szögmérő középpontja nem épp a méz szintjére esik, akkor a fénytörés sem a méz középpontjában következik be, következésképp a mért szögek nem egyeznek meg pontosan a kívánt α és β értékekkel. A szögmérőt minden mérés után megigazítottam, így ezt a hibaforrást kb. $\Delta h = 1$ mm-re tudtam csökkenteni. (A szögmérő sugara kb. 5 cm volt.)

3. A lézersugár esetleg nem a szögmérő síkjában vagy ezzel „párhuzamosan” (vízszintesen eltolva), hanem valahogyan „ferdén” esik be. Mivel vékony az edény, ezzel a hibalehetőséggel nem kell foglalkozni.

4. A hőmérséklet mérése. Ennek az adatnak a pontossága nem igazán fontos, elég csak körülbelüli értékét tudni. A szobahőmérséklet mérése $\pm 0,1^\circ\text{C}$ pontosságú (hőmérő pontossága), magasabb hőmérsékleteken kb. $\Delta T = 1,5^\circ\text{C}$ a hiba (mert a lézerrel való szögmérés során a méz hőmérséklete lassan csökkent, 2-4 fokot).

Hibaszámítás

A fő hibaforrás a szögmérésből származik (bár nagy α szögeknél a méz szint „pontatlansága” is jelentős szerepet játszik).

Foglalkozunk a szögméréssel: $\Delta\varphi = 4,36 \cdot 10^{-2}$ rad (elég kicsi), vagyis a

$$\sin \Delta\varphi \approx \Delta\varphi \quad \text{és} \quad \cos \Delta\varphi \approx 1$$

közelítéseket alkalmazhatjuk. Ha a mért szög φ , akkor ezen szög szinuszának abszolút hibája

$$\Delta(\sin \varphi) = \sin(\varphi + \Delta\varphi) - \sin \varphi \approx \cos \varphi \cdot \Delta\varphi = 4,36 \cdot 10^{-2} \cdot \cos \varphi,$$

vagyis n (szögmérésből fakadó) pontatlansága

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{\Delta(\sin \alpha)}{\sin \alpha} + \frac{\Delta(\sin \beta)}{\sin \beta} = 4,36 \cdot 10^{-2} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta),$$

tehát

$$\Delta n \approx 6,5 \cdot 10^{-2} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta).$$

Ez főleg kis szögeknél jelentős (pl. $\alpha = 10^\circ$ -nál nagyon nagy).

Fajszai Bulcsú (Budapesti Fazekas M. Gyak. Ált. Isk. és Gimn., 10. évf.)